تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج البحرينية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/bh

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/11

* للحصول على جميع أوراق الصف الحادي عشر في مادة فيزياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/11physics

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/11physics1

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الحادي عشر اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/grade11

* لتحميل جميع ملفات المدرس محمود طرادة اضغط هنا

للتحدث إلى بوت على تلغرام: اضغط هنا almanahjbhbot/me.t//:https

الفصل الثّالث: الجاذبيّة

إعداد: محمود طرّادة

٣-١ حركة الكواكب والجاذبيّة

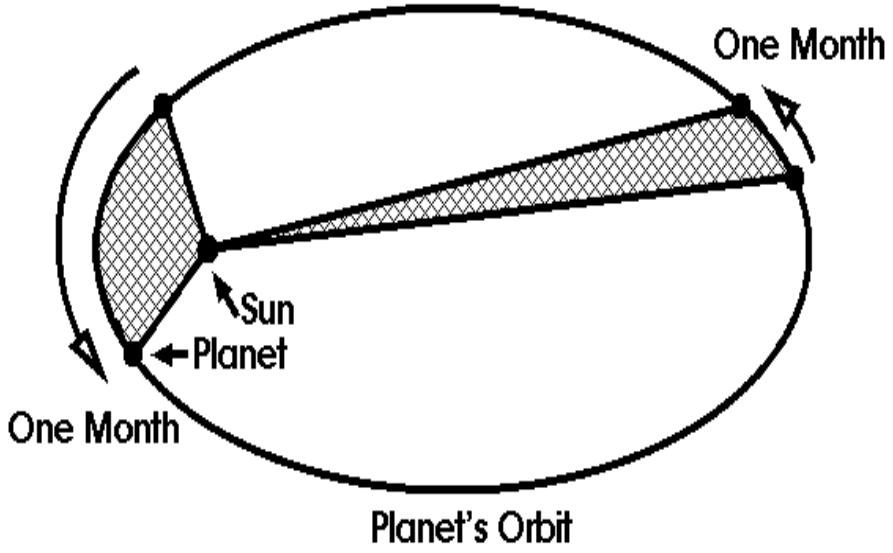
الاعتقاد القديم: إن الشّمس والقمر والكواكب والنّجوم تدور كلّها حول الأرض.

البولنديّ كوبرنيكس: افترض أنّ الأرض وغيرها من الكواكب تدور حول الشّمس.

الدّنماركيّ تايكو براهي: إنّ الشّمس والقمر يدوران حول الارض، في حين تدور الكواكب الأخرى حول الشّمس.

قوانين كبلر: اعتبر الشّمس مركز المجموعة الشّمسيّة، وهي تولّد قوّة على الكواكب المحيطة.

القانون الأوّل لكبلر: مدارات الكواكب (والمذنّبات والنّجوم) إهليلجيّة، وتكون الشّمس في إحدى البؤرتين، وتقسّم إلى مجموعتين: المجموعة الأولى لها زمن دوريّ أكبر من ٢٠٠ سنة مثل المذنّب هال – بوب (٢٤٠٠ سنة)، المجموعة الثّانية لها زمن دوريّ أقلّ من ٢٠٠ سنة مثل المذنّب هالي (٧٦ سنة).



القانون الثّاني لكبلر: إنّ الخطّ الوهميّ من الشّمس إلى الكوكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية، لأنّ الكواكب تتحرّك بسرعة أكبر عندما تكون قريبة من الشّمس، بينما تتحرّك بسرعة أبطأ عندما تكون بعيدة عنها.

القانون الثّالث لكبلر: إنّ مربّع النّسبة بين الزّمنين الدّوريّين لأيّ كوكبين يساوي مكعّب النّسبة بين متوسّطي بعديهما عن الشّمس.

$$\left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2 = \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^3$$

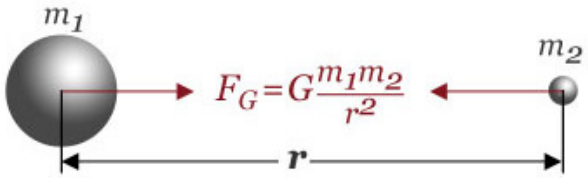
T_A الزّمن الدّوريّ للكوكب **A**

T_B الزّمن الدّوريّ للكوكب **B**

r_A متوسّط بعد الكوكب **A** عن الشّمس

r_B متوسّط بعد الكوكب **B** عن الشّمس

قانون نيوتن في الجذب الكونيّ



إنّ قوّة الجاذبيّة بين أيّ جسمين تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًّا مع مربّع المسافة بين مركزيهما، ويعبّر عنه بالعلاقة:

قوّة التّجاذب

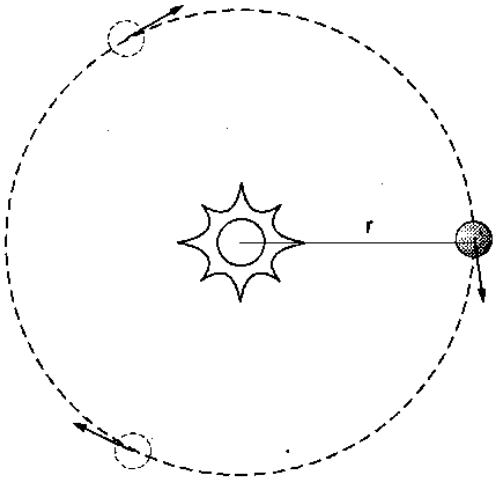
ثابت الجذب الكونيّ

كتلة الجسم الأوّل

كتلة الجسم الثّاني

المسافة بين مركزي الجسمين

الجذب الكونيّ والقانون الثّالث لكبلر



يمكن استعمال قانون نيوتن في الجذب الكونيّ لإعادة كتابة القانون الثّالث لكبلر وبالتّالي حساب الزّمن الدّوريّ لكوكب يدور حول الشّمس بالمعادلة التّالية:

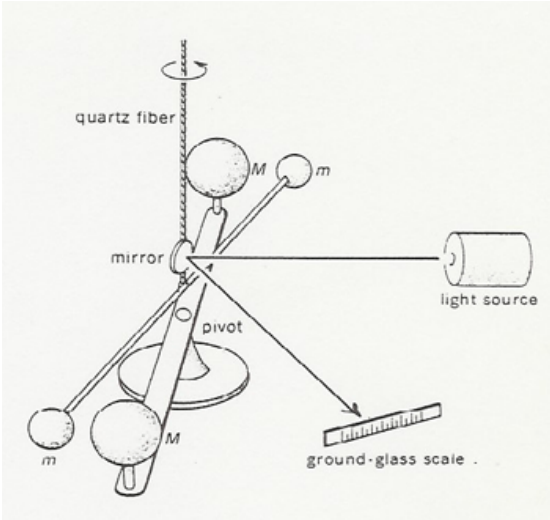
الزّمن الدوريّ لكوكب يدور حول الشّمس

ثابت الجذب الكونيّ $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$

كتلة الشّمس

نصف قطر مدار الكوكب

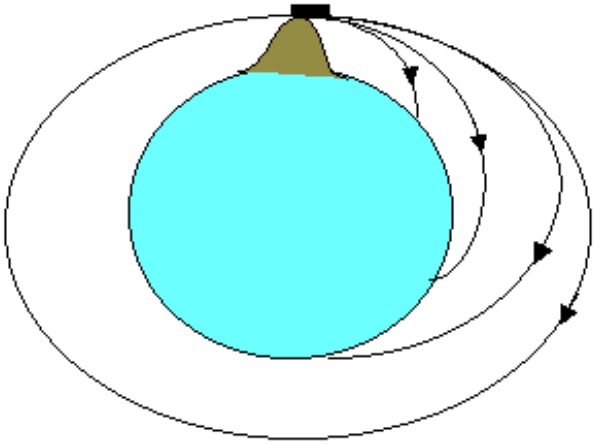
قياس ثابت الجذب الكونيّ



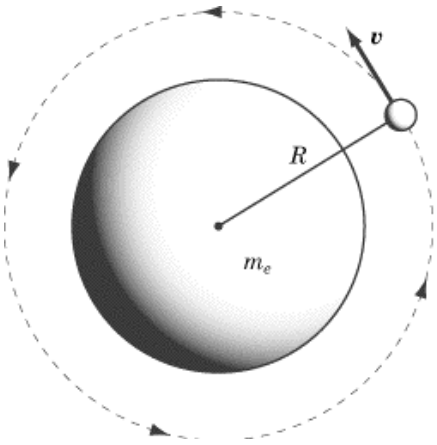
استعمل العامل الانجليزيّ هنري كافندش جهازًا لقياس قوّة الجاذبيّة بين جسمين، وللجهاز: ذراع أفقيّة تحمل كرتين من الرّصاص عند نهايتيها، وهي معلّقة من منتصفها بسلك رفيع قابل للدّوران، كما وضع كرتين ثقيلتين أخريتين، وقد أدّت قوّة التّجاذب بين الكرتين الكبيرة والصّغيرة إلى دوران الذّراع، وعند تساوي قوّة إللي للسلك الرفيع وقوّة التّجاذب بين الكرات تتوقّف الذّراع عن الدّوران، وبواسطة قياس الزّاوية الّتي شكّلها ذراع الدّوران باستخدام الشّعاع المنعكس من المرآة المستوية أمكن حساب قوّة التّجاذب بين الكتل، وبالتّالي حساب ثابت الجذب الكوني، بل وحساب كتلة الأرض والشّمس، إضافة إلى حساب قوّة التّجاذب بين أيّ كتلتين (وكذلك حساب الوزن باعتباره قوّة تجاذب).

٣-٢ استعمال قانون الجذب الكونيّ

مسارات الكواكب والأقمار الاصطناعيّة



تخيّل نيوتن مدفعًا يطلق قذيفة في اتّجاه أفقيّ بسرعة معيّنة، هذه القذيفة لها سرعة أفقيّة وأخرى رأسيّة، ولذلك يكون مسارها متكافئًا، ثمّ تسقط على الأرض، وإذا زادت السّرعة الأفقيّة للقذيفة فإنّها سوف تسقط مسافة أطول، وإذا زادت السّرعة بمقدار كبير جدًّا فإنّ القذيفة ستسير حول الأرض كاملة وستستمر في الحركة في مدار دائريّ حول الأرض، ولكي تتخلّص القذيفة من مقاومة الهواء يجب أن تُطلق خارج معظم الغلاف الجوّيّ الأرضيّ (أكثر من **150 km**).



ويمكن حساب سرعة القمر الاصطناعيّ الّذي يدور حول الأرض بالعلاقة:

سرعة القمر الاصطناعيّ

ثابت الجذب الكونيّ $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$

كتلة الأرض

نصف قطر مدار القمر الاصطناعيّ

كما يمكن حساب الزّمن الدّوريّ T للقمر الاصطناعيّ الّذي يدور حول الأرض باستخدام القانون السّابق، كما يمكن حسابه لأيّ جسم آخر يتحرّك في مدار حول جسم ثاني، ويعوّض عن m_{E} في المعادلة بكتلة الجسم المركزيّ، وستكون r المسافة بين مركز الجسم الّذي يتحرّك في مدار وبين مركز الجسم المركزيّ.

تسارع الجاذبيّة الأرضيّة

يمكن إيجاد تسارع الأجسام النّاشئ عن الجاذبيّة الأرضيّة باستعمال القانون التّالي:

تسارع الجاذبيّة الأرضيّة

ثابت الجذب الكونيّ $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$

كتلة الأرض

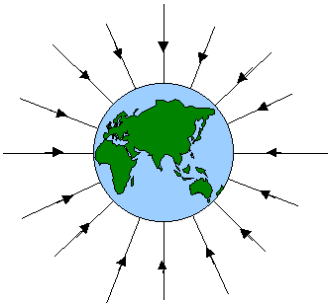
نصف قطر الأرض

بعد الجسم عن الأرض

تسارع الجسم

وكلّما ابتعدتَ عن الأرض فإنّ التّسارع النّاتج عن الجاذبيّة الأرضيّة يقلّ، حتّى تصل إلى حالة انعدام الوزن، حيث يبدو روّاد الفضاء عديمي الوزن رغم أنّ قوّة الجاذبيّة الأرضيّة المؤثّرة في المكوك لا تساوي صفرًا بدليل أنّها تسبّب دوران المكوك حول الأرض، وذلك لأنّ روّاد الفضاء والمكوك الفضائي بما فيه يتسارعون بالكيفيّة نفسها نحو الأرض، فلا توجد قوى تماس تؤثّر في روّاد الفضاء نتيجة ذلك، ولهذا لا يشعرون بأوزانهم.

مجال الجاذبيّة



كلّ جسم له كتلة محاط بمجال جاذبيّ يؤثّر من خلاله بقوّة في أيّ جسم آخر يوجد في ذلك المجال نتيجة التّفاعل المتبادل بين كتلته والمجال الجاذبيّ **g** ويوصف بالمعادلة التّالية:

المجال الجاذبيّ

ثابت الجذب الكونيّ $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$

كتلة الجسم

البعد عن مركز الكتلة

نوعا الكتلة

الكتلة القصوريّة: مقياس لممانعة الجسم لأيّ نوع من القوى، ويساوي:

m الكتلة القصوريّة

I القوّة المحصّلة

تسارع الجسم

كتلة الجاذبة: مقياس لقوّة الجاذبيّة بين جسمين، ويساوي:

m الكتلة القصوريّة

المسافة بين الجسمين

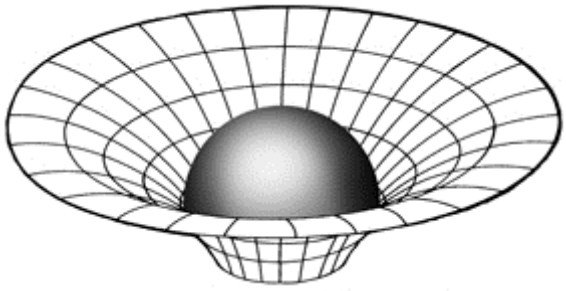
I قوّة الجاذبيّة بين الجسمين

ثابت الجذب الكونيّ $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$

كتلة الجسم الثّاني

ولتوضيح الفرق بين الكتلتين، افترض أن لديك بطيخة في صندوق سيّارتك، فإذا تسارعت السّيّارة إلى الأمام فإنّ البطّيخة ستتدحرج نحو الخلف بسبب الكتلة القصوريّة للبطّيخة الّتي تقاوم التّسارع، أمّا لو صعدت السّيّارة منحدرًا فإنّ البطّيخة ستتدحرج إلى الخلف أيضًا بسبب انجذابها للأرض، وقد تنبّأ نيوتن إلى أنّ الكتلة القصوريّة وكتلة الجاذبيّة متساويتان من حيث المقدار **(مبدأ التّكافؤ)**.

نظريّة أينشتين في الجاذبيّة



النّظريّة النّسبيّة العامّة: إنّ الجاذبيّة ليست مجرّد قوّة، بل هي تأثير من الفضاء نفسه، فالكتل تغيّر الفضاء المحيط بها فتجعله منحنيًا، ممّا يؤدّي إلى تسارع الأجسام الّتي تسير فيه، وانجذابها نحو بعضها، وانحراف الضّوء وارتداده (كما يحدث في الثّقوب السّوداء: وهي أجسام كبيرة الكتلة صغيرة الحجم ذات قوّة جاذبيّة كبيرة إلى درجة أنّها تمتصّ الضّوء المار بها أو الخارج منها)، إلّا أنّ هذه النّظريّة لم توضّح أصل الكتلة ولا كيف تعمل على انحناء الفضاء.

أسئلة وتمارين الفصل الثّالث

إعداد: الأستاذ محمود طرّادة

١) أكتب المصطلح العلميّ الّذي تدلّ عليه العبارات التّالية:

- ( ) مدارات الكواكب إهليلجيّة، وتكون الشّمس في إحدى البؤرتين.الخطّ الوهميّ من الشّمس إلى
- ( ) الكوكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية
- ( ) مربّع النّسبة بين الزّمنين الدّوريّين لأيّ كوكبين يساوي مكعّب النّسبة بين متوسّطي بعديهما عن الشّمس.
- ( ) قوّة الجاذبيّة بين أيّ جسمين تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًّا مع مربّع المسافة بين مركزيهما.
- ( ) مقياس لممانعة الجسم لأيّ نوع من القوى.
- ( ) مقياس لقوّة الجاذبيّة بين جسمين.

٢) علل العبارات التّالية:

١- يحتاج رفع صخرة على سطح القمر إلى قوّة أقلّ من الّتي تحتاج إليها على الأرض.

٢- سقوط حجر على قدم شخص على الأرض أكثر إيذاءً من سقوطه على القمر من نفس الارتفاع.

٣- تعتبر تجربة كافندش إنجازًا مهمًّا وأصيلاً في حقل الفيزياء.

٤- رغم أنّ مسار الكوكب إهليليجيًّا إلّا أنّ الخطّ الوهميّ من الشّمس إلى الكوكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية.

٥- يبقى القمر الاصطناعيّ في مداره.

٦- تبدو الأقمار الاصطناعيّة فوق خط الإستواء للمراقب لها على سطح الأرض كما لو أنّها ثابتة في الفضاء.

٧- يبدو روّاد الفضاء عديمي الوزن رغم أنّ قوّة الجاذبيّة الأرضيّة المؤثّرة في المكوك لا تساوي صفرًا.

٨- تسارع الأجسام الّتي تسير في الفضاء.

٩- حدوث تجاذب بين الشّمس والأرض.

١٠- انحراف الضّوء في الفضاء.

١١- ارتداد الضّوء في الثّقوب السّوداء.

١٢- إذا ركلت كرسيًّا داخل محطّة الفضاء فإنّك لا تشعر بالألم.

١٣- المدى الأفقي لقذيفة أفقية تسقط على سطح القمر أكبر من المدى الأفقيّ لقذيفة أفقيّة تسقط على سطح الأرض.

١٤- إطلاق قمر اصطناعيّ من الأرض إلى مدار ليدور نحو الشّرق أسهل من إطلاقه ليدور نحو الغرب.

١٥- حدوث المدّ والجزر

---

٣) جسمان كتلتاهما m_1،m_2 والمسافة بين مركزيهما r، صف ما يحدث لقوّة التّجاذب بينهما F في الحالات التّالية:

أ) إذا زات المسافة بين مركزيهما إلى الضّعف.

ب) إذا زادت كتلة أحدهما ثلاثة أضعاف.

ج) إذا قلّت المسافة بين مركزيهما إلى النّصف وزادت الكتلة الأولى إلى الضّعف وقلّت الكتلة الثّانية إلى الرّبع.

٣) يستغرق كوكب عطارد **88** يومًا ليكمل دورة كاملة حول الشّمس، احسب متوسّط نصف قطر مداره علمًا بأن كوكب الأرض يستغرق **365** يومًا ليكمل دورة كاملة حول الشّمس، ومتوسّط نصف قطر مدار الأرض 1.50×10^{11} **m** .

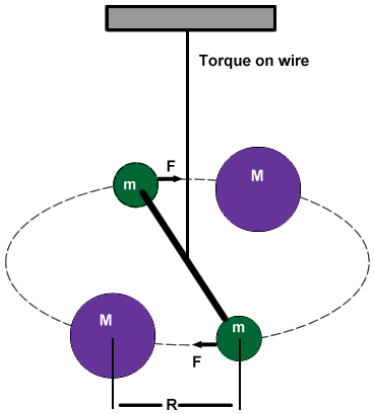
٤) إذا كان زمن دورة المرّيخ هو **1.88** من زمن دورة الأرض، فاحسب بعد المريّخ عن الشّمس إذا كان بعد الأرض عنها 1.50×10^{11} **m** .

٥) يدور كويكب حول الشّمس في مدار متوسّط نصف قطره ضعفا متوسّط قطر مدار الأرض، احسب زمنه الدّوريّ بالسّنوات الأرضيّة.

٦) يدور كوكب زحل حول الشّمس في مدار نصف قطره 1.43×10^{12} **m** فإذا كانت كتلة الشّمس $1.99 \times 10^{30} kg$ احسب الزّمن الدّوريّ لزحل.

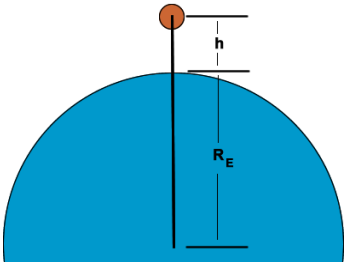
٧) جسمان كتلتاهما **15 kg** والمسافة بين مركزيهما **35 cm** احسب قوّة الجاذبيّة بينهما، وكذلك نسبة القوّة إلى وزن كلّ منهما.

٨) جهاز كافندش فيه كتلة الرّصاص الكبير **M=5.9 kg** وكتلة الرّصاص الصّغيرة **m=57 g** والمسافة بين مركزيهما **55 mm** أوجد قوّة التّجاذب بينهما **F**.



٩) كرتان المسافة بين مركزيهما **2.6 m** وقوّة الجاذبيّة بينهما 2.75×10^{-12} ما كتلة كلّ منهما إذا كانت كتلة إحداهما ضعف كتلة الآخر.

١٠) قمر صناعيّ يدور حول الأرض على ارتفاع **h=335 km** فوق سطحها، فإذا علمت أنّ كتلة الأرض تساوي $5.98 \times 10^{24} kg$ ومتوسّط نسف قطر الأرض $6.38 \times 10^{6}\, m$ فما مقدار سرعة القمر المداريّة وزمنه الدّوريّ؟



١١) إذا كان نصف قطر كوكب الزّهرة $6.05 \times 10^{6} m$ وكتلته $4.87 \times 10^{24}\, kg$ فما مقدار مجال الجاذبيّة على سطحه؟

١٢) إذا كانت كتلة رائد فضاء **80 kg** وفقد **25%** من وزنه عند نقطة في الفضاء، فما مجال الجاذبيّة الأرضيّة عند هذه النّقطة؟

١٣) كتلة المشتري أكبر **300** مرّة من كتلة الأرض، ونصف قطره أكبر عشر مرّات من نصف قطر الأرض، احسب بالتّقريب قيمة **g** على سطح المشتري.